

# Implementasi Algoritma Genetika Untuk Optimasi Penentuan Kombinasi Kapal Pengawas di Wilayah Pengawas Perikanan – 712

Heru Lumaksono<sup>1\*</sup>, Hozairi<sup>2</sup>, Syariful Alim<sup>3</sup>, Marcus Tukan<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

<sup>2</sup> Program Studi Teknik Informatika, Universitas Islam Madura, Pamekasan, Indonesia

<sup>3</sup> Program Studi Teknik Informatika Universitas Bhayangkara Surabaya, Surabaya, Indonesia

<sup>4</sup> Program Studi Teknik Industri, Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia

herupps@gmail.com

**Abstract**—Wilayah Pengelolaan Perikanan Republik Indonesia (WPP-RI) terdiri dari 11 wilayah. Salah satunya adalah WPP-712 yang merupakan wilayah Laut Jawa. WPP-712 mencakup pulau Jawa yang terdiri dari 8 Provinsi, yaitu Provinsi Lampung, Banten, DKI Jakarta, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Kalimantan Tengah dan Kalimantan Selatan. Dengan Luas Wilayah 160.309 square milles. Permasalahan di WPP-712 adalah memiliki tingkat kerawanan yang tinggi dan sering terjadinya gejala tangkap lebih (*overfishing*). Salah satu faktor yang mempengaruhi adalah sedikitnya kapal pengawas perikanan milik Kementerian Kelautan yang ditugaskan di WPP-712. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan jumlah kapal pengawas perikanan yang di tugaskan di WPP-712. Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut metode yang digunakan adalah metode *Genetic Algorithms* (GA). GA adalah sebuah metode optimasi yang paling banyak digunakan untuk permasalahan *multi-obyektif*. Hasil dari implementasi GA merekomendasikan jumlah kapal yang beroperasi di WPP-712 adalah 5 kapal dengan tipe A-B-C-B-D dengan capaian coverage area 167.334 Mil<sup>2</sup> dan biaya operasional Rp. 1.319.621.100. Temuan dalam penelitian ini bisa digunakan sebagai pertimbangan oleh Pemerintah untuk menentukan kebijakan peningkatan keamanan laut Indonesia.

**Kata kunci**—Optimasi, GA; WPP-712;

## I. PENDAHULUAN

Luas laut Indonesia sekitar 5,9 juta km<sup>2</sup>, luas perairan Indonesia lebih besar dari pada luas daratan, sehingga Indonesia disebut sebagai negara maritim. Sebagai negara dengan luas wilayah laut yang besar Indonesia memiliki keragaman ikan serta biota laut yang beragam. Sehingga memerlukan pengawasan laut untuk menjaga biota dan seluruh keanekaragaman di laut. Berdasarkan Undang-Undang Nomor 31 Tahun 2004 yang mengalami perubahan dengan Undang-Undang Nomor 45 Tahun 2009 Tentang Perikanan, telah diatur mengenai pengawasan perikanan pada Bab XII Pasal 66-70 (Kementerian Kelautan dan Perikanan RI, 2007).

Pengawasan dan penegakan hukum di bidang perikanan merupakan salah satu tugas pokok dan fungsi Direktorat Kapal Pengawas yang diimplementasikan melalui kapal pengawas untuk melakukan operasi pengawasan sumber daya kelautan dan perikanan. Pengawasan Perikanan adalah kegiatan yang ditujukan untuk menjamin terciptanya tertib pelaksanaan ketentuan peraturan perundang-undangan di bidang perikanan. Wilayah Pengelolaan Perikanan Republik Indonesia (WPP-RI), perairan Nusantara dibagi menjadi 11 wilayah pengelolaan perikanan. Wilayah pengelolaan perikanan tersebut merupakan wilayah pengelolaan untuk perikanan tangkap, perikanan budidaya, konservasi maupun

untuk kegiatan penelitian dan pengembangan (Kementerian Kelautan dan Perikanan RI, 2014).

Wilayah perikanan tersebut meliputi WPP-571 sampai WPP-573 dan dari WPP-711 sampai WPP-718. Penamaan tersebut berdasarkan pembagian wilayah statistik perikanan FAO (*Food and Agriculture Organization*), dikarenakan perairan Indonesia berada pada dua area, yaitu area 57 kawasan Samudera Hindia bagian timur (*Eastern Indian Ocean*) dan area 71 (*the Western Central Pacific*) kawasan Indopasifik bagian barat (KKPRI, 2014). Selanjutnya, satuan penomoran WPP RI mengikuti kedua area tersebut dengan kode lokal berurutan dari nomor 1 dan seterusnya dimulai dari arah barat ke timur untuk kode regional 57 sesuai dengan sistem koordinat internasional, sedangkan untuk area 71 dimulai dari Laut Cina Selatan, Laut Jawa, Selat Makassar, Laut banda, Laut Seram, Laut Sulawesi, Samudra Pasifik, dan Laut Arafura. Kawasan yang berbatasan langsung dengan kawasan tetangga sangat rawan terjadi berbagai permasalahan yang berkaitan dengan batas wilayah seperti banyak kapal asing yang masuk ke wilayah Indonesia untuk menangkap ikan dengan alat yang dilarang pengeboman ikan, bisnis perikanan ilegal. Sehingga terjadi yang dinamakan *illegal fishing* (Wadas, 2014).

*Illegal fishing* atau penangkapan ikan secara ilegal merupakan permasalahan yang terjadi karena lemahnya pengawasan keamanan laut. Dikarenakan kurangnya armada kapal yang diterjunkan ke daerah Pengelolaan Perikanan Republik Indonesia. Sehingga kapal asing bisa masuk ke wilayah Indonesia. Sedangkan permasalahan yang terjadi di wilayah yang tidak berbatasan langsung dengan wilayah tetangga seperti halnya WPP-712 yang mencakup daerah Pulau Jawa. Permasalahan yang terjadi diantaranya terjadi gejala tangkap lebih (*overfishing*), penangkapan ikan dengan pengeboman ikan. Pengeboman ikan dapat membuat kehidupan bawah laut menjadi rusak, begitu juga dengan terumbu karang yang ada di bawah laut (DJPSDK dan Perikanan, 2013).

WPP-712 mencakup pulau Jawa yang terdiri dari 8 daerah Provinsi. Yaitu Provinsi Lampung, Banten, DKI Jakarta, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Kalimantan Tengah dan Kalimantan Selatan. Terdapat beberapa Pelabuhan Perikanan yaitu Pelabuhan Perikanan Samudra (PPS) Nizam Zachman Jakarta, Pelabuhan Perikanan Nusantara (PPN) Kejawan Cirebon, Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Bajomulyo Pati, dan Pusat Pendaratan Ikan (PPI), PPN Brondong Lamongan hingga PPP Muncar Banyuwangi (KKPRI, 2014). Jumlah kapal berijin di WPP-712 sebanyak 236 kapal berdasarkan ijin operasi kapal penangkap ikan yang dikeluarkan oleh Kementerian Kelautan dan Perikanan pada tahun 2015 (Soemardi, 2015).



Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan Algoritma Genetika dalam menyelesaikan permasalahan multi-obyektif yaitu menentukan jumlah kapal yang optimal untuk mengamankan WPP-712. Metode GA adalah algoritma pencarian yang didasarkan atas mekanisme seleksi alami dan evolusi biologis. Algoritma genetika mengkombinasikan antara deretan struktur dengan pertukaran informasi acak ke bentuk algoritma pencarian dengan beberapa perubahan bakat pada manusia. Pada setiap generasi, himpunan baru dari deretan individu dibuat berdasarkan kecocokan pada generasi sebelumnya.

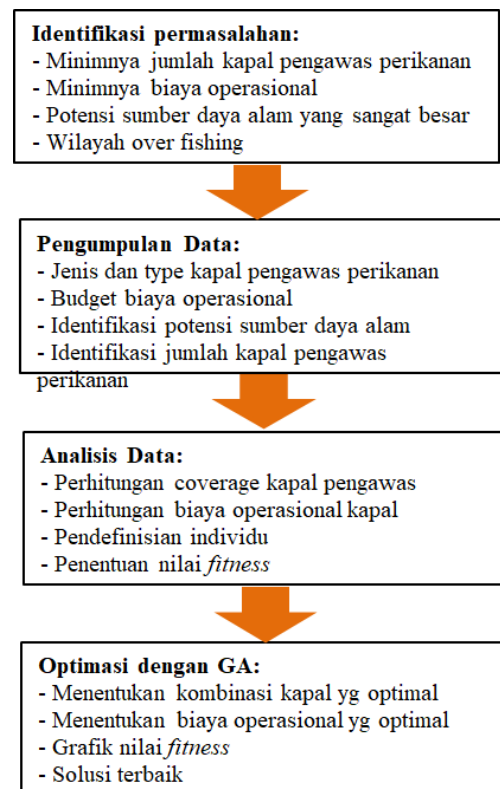
## II. BAHAN DAN METODE PENELITIAN

### A. Tahapan Penelitian

Kegiatan penelitian merupakan suatu proses memperoleh atau mendapatkan suatu pengetahuan atau memecahkan permasalahan yang dihadapi, yang dilakukan secara ilmiah, sistematis dan logis. Dalam penelitian ini tahapan penelitian yang digunakan sebagai berikut:

1. Identifikasi permasalahan, tahap ini peneliti melakukan kajian pustaka tentang kondisi WPP-712, melakukan wawancara dengan beberapa stakeholder tentang kondisi hasil penangkapan ikan di WPP-712. Temuan penting dari permasalahan di WPP-712 adalah banyaknya jumlah kapal perikanan yang melakukan proses penangkapan ikan (*overfishing*).
2. Proses pengumpulan data, yaitu jenis dan type kapal yang digunakan oleh Kementerian Kelautan dan Perikanan, mengetahui biaya operasional yang ditetapkan oleh pemerintah untuk melaksanakan pengawasan wilayah pengelolaan perikanan, mengidentifikasi potensi sumber daya alam yang ada dan mengidentifikasi wilayah perbatasan di WPP RI – 712.
3. Proses analisis data, yaitu melakukan perhitungan capaian coverage area kapal pengawas perikanan, melakukan perhitungan kebutuhan biaya operasional, melakukan pendefinisian terhadap individu dan menentukan nilai *fitness*.
4. Proses optimasi, yaitu menentukan kombinasi kapal pengawas perikanan yang optimal, menentukan biaya operasional kapal pengawas yang optimal, membuat grafik nilai *fitness* dan menentukan solusi yang terbaik.
5. Analisa hasil, yaitu menganalisa solusi yang diberikan oleh GA dengan tujuan memilih solusi yang terbaik.

Secara detail tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

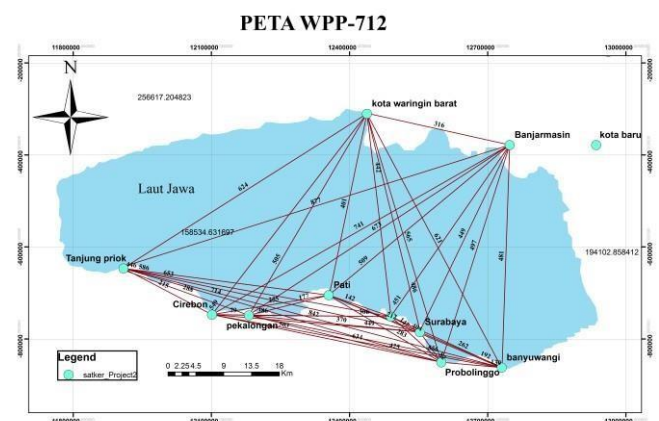


Gambar 1. Tahapan Penelitian

### B. Perhitungan luas WPP-712

Untuk mengetahui luas wilayah WPP RI – 712 seperti terlihat pada Gambar 2, tim peneliti melakukan digitasi pada peta WPP-712 dengan menggunakan software Arc GIS sehingga diperoleh luas adalah 160.309 square milies.

Berdasarkan keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor: KEP.01/MEN/2009 tentang Wilayah Pengelolaan Perikanan Republik Indonesia 712 mencakup pulau Jawa yang terdiri dari 8 (delapan) daerah Provinsi. Yaitu Provinsi Lampung, Banten, DKI Jakarta, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Kalimantan Tengah dan Kalimantan Selatan. Terdapat beberapa Pelabuhan Perikanan yaitu Pelabuhan Perikanan Samudra (PPS) Nizam Zachman Jakarta, Pelabuhan Perikanan Nusantara (PPN) Kejawan Cirebon, Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Bajomulyo Pati, dan Pusat Pendaratan Ikan (PPI), PPN Brondong Lamongan hingga PPP Muncar Banyuwangi (Soemargono,1977).



Gambar 2. Luas WPP RI – 712  
(Sumber: hasil pengolahan Arc GIS)

### C. Kapal Pengawas Perikanan

Kapal Pengawas Perikanan adalah kapal yang digunakan untuk melindungi sumber daya kelautan dan perikanan. Kapal Pengawas Perikanan merupakan penegak hukum di bidang perikanan. Dalam melakukan pengawasan

berkoordinasi dengan TNI Angkatan Laut, Polair dan Bakamla. Kapal Pengawas Perikanan berada dalam lingkup Ditjen PSDKP naungan Kementerian Kelautan dan Perikanan. Dalam melaksanakan tugasnya, Kapal Pengawas Perikanan dapat menghentikan, memeriksa, membawa, dan menahan kapal yang diduga melakukan pelanggaran ke pelabuhan terdekat untuk pemrosesan lebih lanjut. Selain itu, berdasarkan UU No. 31 Tahun 2004 tentang Perikanan, sebagaimana telah diubah dengan UU No. 45 Tahun 2009 (Soemargonom1977), dalam hal tertentu Kapal Pengawas Perikanan, dalam hal ini pengawas perikanan atau Penyidik PNS Perikanan, juga dapat melakukan tindakan khusus berupapeneggelaman.

Tabel 1. Data kapal pengawas perikanan di WPP RI

No	Type Kapal	Jumlah	Ukuran (m)	Kelas Kapal
1	KP Hiu Macan Tutul	2	42	B
2	KP Hiu Macan	6	36	C
3	KP Hiu	15	27	D
4	KP Takalongan	1	21	D
5	KP Padaido	1	21	D
6	KP Todak	2	17	E
7	KP Baracuda	2	17	E
8	KP Paus	1	36	A
9	KP Akar Bahar	1	15	E
10	KP Orca	4	60	A

Sumber: data primer yang diolah

Menurut perundangan-undangan, Kapal Pengawas Perikanan adalah kapal pemerintah yang diberi tanda tertentu untuk melaksanakan pengawasan dan penegakan hukum di bidang perikanan dalam wilayah pengelolaan perikanan Negara Republik Indonesia. Dalam melakukan pengawasan kapal perikanan dilakukan di Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia (WPPNRI), pelabuhan perikanan atau pelabuhan bukan pelabuhan perikanan, pelabuhan umum yang ditetapkan sebagai pelabuhan pangkalan, pangkalan pendaratan ikan, dan sentra-sentra kegiatan nelayan. Meskipun ada dari tahun 2003 namun perkembangan kapal pengawas perikanan di Indonesia masih dirasa kurang karena wilayah pengelolaan perikanan republik Indonesia yang sangat luas. Saat ini Indonesia memiliki 35 Kapal Pengawas Perikanan yang tersebar di berbagai daerah seperti terlihat pada Tabel 1.

#### D. Optimasi

Optimasi adalah aktivitas untuk mendapatkan hasil terbaik di bawah keadaan yang diberikan, atau optimasi dapat diartikan sebagai aktivitas untuk mendapatkan nilai minimum suatu fungsi karena untuk mendapatkan nilai maksimum suatu fungsi dapat dilakukan dengan mencari minimum dari negatif fungsi yang sama (Azhar, 2010), (Konak dkk, 2006).

Sebuah permasalahan optimasi yang dimodelkan secara matematis umumnya terdiri dari fungsi-fungsi tujuan dan kendala-kendala. Fungsi tujuan merepresentasikan tujuan yang ingin dioptimalkan. Karena jumlah fungsi tujuannya lebih dari satu, maka solusi optimum dari multi-criteria optimization problem juga lebih dari satu, yang kesemuanya masuk ke dalam sebuah set yang disebut *Pareto frontier* (Salam,2018), (Kiehadroudezhad,2014). Hal ini sejalan dengan prinsip dimana tidak ada satu pun solusi yang mampu memberikan hasil yang lebih optimal dari salah satu fungsi

tujuan yang ada tanpa mengorbankan fungsi tujuan lainnya.

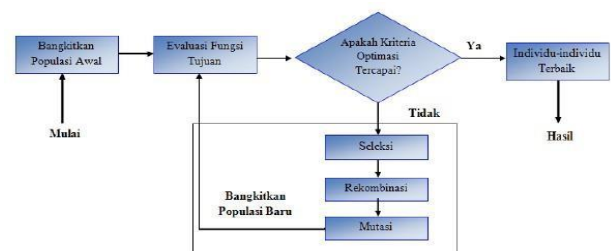
Optimasi fungsi multiobyektif mendapatkan perhatian yang signifikan dari para peneliti. Xiaohui & Eberhart menyelesaikan optimasi multiobyektif menggunakan Particle Swarm Optimization (PSO) (Chen,2015). Hasil percobaan menunjukkan bahwa PSO dapat menemukan beberapa solusi interaksi antar proyek yang kompleks. Band yopa dhyay dkk mengajukan Simulated Annealing (SA) yang juga cukup berhasil dalam menyelesaikan berbagai masalah optimasi fungsi multiobyektif (Lee,2018), (Azimi,2017). Hozairi dkk mengajukan Genetic Algorithms (GA) untuk menyelesaikan permasalahan penugasan dan penempatan kapal TNI AL (Hozairi dkk,2012), (Hozairi,2014).

#### E. Algoritma Genetika

Algoritma genetika adalah suatu algoritma pencarian (*searching*) berdasarkan cara kerja melalui mekanisme seleksi alam dan genetik. Tujuannya untuk menentukan struktur-struktur yang disebut individu berkualitas tinggi di dalam suatu domain yang disebut populasi untuk mendapatkan solusi suatu persoalan. John Holland mengembangkan algoritma genetik melalui prosedur iteratif untuk mengatur populasi individu yang merupakan calon solusi (Deb,1995), (McCall,2005). Algoritma genetika berbeda dengan algoritma pencarian konvensional karena dimulai dengan suatu himpunan awal yang disebut *populasi*. Tiap *individu* dalam populasi disebut *kromosom*, didalam kromosom ada beberapa *gen* dan setiap gen memiliki nilai yang disebut dengan *allele* (Guerrero,2017).

Dengan teori evolusi dan teori genetika, didalam penerapan Algoritma Genetika akan melibatkan beberapa operator yaitu:

- Operator Evolusi** yang melibatkan proses seleksi (*selection*) di dalamnya.
- Operator Genetika** yang melibatkan operator pindah silang (*crossover*) dan mutasi (*mutation*). Untuk memeriksa hasil optimasi, kita membutuhkan fungsi *fitness*, yang menandakan gambaran hasil (*solusi*) yang sudah dikodekan. Selama berjalan, induk harus digunakan untuk reproduksi, pindah silang dan mutasi untuk menciptakan keturunan.



Gambar 3. Blok diagram Algoritma Genetika

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan mencari kombinasi kapal pengawas perikanan yang optimal untuk ditugaskan ke masing-masing satuan kerja (Satker) di Wilayah Pengelolaan Perikanan 712 (WPP-712). Kementerian Perikanan dan Kelautan (KKP) memiliki budget anggaran biaya yang disiapkan oleh Pemerintah sebesar Rp. 1.500.000.000,- Miliar untuk operasional pengawasan di WPP RI-712 dengan total luas wilayah yang harus diamankan adalah 160.039 Mil<sup>2</sup>.

#### A. Mendefinisikan permasalahan

Beberapa hal yang harus dilakukan dalam Algoritma Genetika adalah:

- Mendefinisikan individu**, dimana individu menyatakan salah satu solusi (*penyelesaian*) yang mungkin dari permasalahan yang diangkat. Secara detail definisi kromosom, individu, gen dan dapat dilihat pada Table 2.





Tabel 2. Komponen Algoritma Genetika

Komponen	Definisi	Keterangan
Populasi	A-B-C-D-E	Kumpulan jenis kapal pengawas
	C-D-A-B-E	
	C-C-B-A-D	
Individu	A-B-C-D-E	1 Kombinasi kapal pengawas
Gen	A	1 type kapal pengawas
Allele	37.454 Mil <sup>2</sup>	Nilai coverage area kapal pengawas type A
	Rp. 666.859.900	Nilai operational kapal pengawas type A

- b. Mendefinisikan nilai *fitness*, yang merupakan ukuran baik-tidaknya sebuah individu atau baik-tidaknya solusi yang didapatkan.

$$\sum \dots\dots\dots (1)$$

$$\sum \dots\dots\dots (2)$$

#### Keterangan:

$i$  = Jumlah type kapal

$n$  = Jumlah kapal  $C_a$  =

Coverage Area

$O_c$  = Operational Cost

Selanjutnya mencari nilai *fitness* pada masing-masing

Coverage Area ( $C_a$ ) dan Operational Cost ( $O_c$ ).

$$\dots\dots\dots \text{Fungsi Max} \dots\dots\dots (3)$$

$$\dots\dots\dots \text{Fungsi Min} \dots\dots\dots (4)$$

#### Fitness:

$$F_{\text{total}} = F_{ca} + F_{oc} \rightarrow F_{\text{total}} = F_{\text{max}(ca)} + F_{\text{min}(oc)}$$

#### Constraint:

$$1 \leq F_{\text{total}} \leq 2 \dots\dots\dots (5)$$

#### Keterangan:

$F_{(Ca)}$  = Fitness Coverage Area

$F_{(Oc)}$  = Fitness Operational Cost

$F_{\text{total}}$  = Fitness total

$F_{\text{Max}(Ca)}$  = Fitness Maksimum Coverage Area  $F_{\text{Min}(Oc)}$

= Fitness Minimum Operational Cost

- c. Menentukan proses **pembangkitan populasi awal**. Hal ini biasanya dilakukan dengan menggunakan pembangkitan acak seperti *random-walk*. Ini dari cara kerja *random-walk* ini adalah melibatkan bilangan random untuk nilai setiap gen sesuai dengan representasi kromosom yang digunakan.

$$\text{IPOP} = \text{round} \{ \text{random} (N_{ipop}, N_{bits}) \}$$

#### Keterangan:

IPOP adalah gen yang nantinya berisi pembulatan dari bilangan random yang dibangkitkan sebanyak  $N_{IPOP}$  (jumlah populasi) x  $N_{bits}$  (jumlah gen dalam satu kromosom).

- d. Menentukan proses **seleksi** yang akan digunakan. Seleksi digunakan untuk memilih individu mana saja yang akan dipilih untuk proses kawin silang dan mutasi.

Seleksi digunakan untuk mendapatkan calon individu terbaik, dengan asumsi induk yang baik akan menghasilkan keturunan yang baik pula. Semakin tinggi nilai *fitness* suatu individu maka akan semakin besar kemungkinan untuk terpilih (Yuan dkk,2019).

Proses seleksi yang digunakan dalam system penugasan dan penempatan kapal patroli ini (Guerrero,2017) adalah:

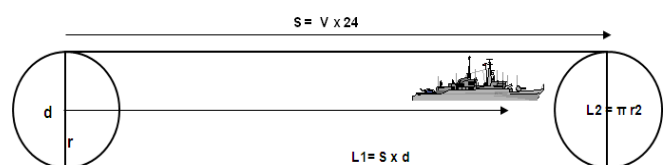
- **Roulette Wheel**, untuk memilih individu berdasarkan pengaruh nilai *fitness*nya. Individu dengan *fitness* yang tinggi berarti individu yang baik akan lebih mudah terpilih.
- **Rank**, proses ini digunakan untuk menjamin tidak munculnya super-individu yang akan merusak proses evolusi sehingga terjebak dalam local- optima.
- **Elitism**, proses ini digunakan untuk menjamin *fitness* sebuah generasi selalu lebih baik atau sekurang-kurangnya sama dengan *fitness* generasi sebelumnya dengan cara mengganti individu terjelek dengan individu terbaik pada generasi sebelumnya.

- e. Menentukan proses perkawinan silang (*cross-over*) dan *mutasi gen* yang akan digunakan.

Kawin silang (*cross-over*) adalah satu komponen yang sangat penting dalam algoritma genetika karena sebuah kromosom yang mengarah pada solusi yang bagus bisa diperoleh dari proses pindah-silang dua buah kromosom. Metode *cross-over* dalam penelitian ini menggunakan *random-swap cross-over*, dengan menukar gen setiap dari setiap pasang induk yang kemudian dicek kembali bila ada gen kembar maka diperbaiki.

#### B. Perhitungan nilai *fitness*

Dalam penelitian ini digunakan 2 (dua) *objective* atau *fitness function* untuk menentukan fungsi minimal dan fungsi maksimal. Untuk *Fitness Function* (1) memaksimumkan *coverage area*, (2) meminimalisasi biaya operasional. Untuk menghitung *Fitness Function* (1) adalah luas jangkauan *coverage* kapal pengawas perikanan selama berlayar digambarkan dan dirumuskan seperti Gambar 4 (Masroeri,2015).



Gambar 4. Luas *coverage area* kapal pengawas perikanan

#### Keterangan:

$S$  = Jarak jelajah perHari =  $\text{Kecpt} \times 24 \text{ jam} = V \times 24 \text{ (mil)}$   $L1$

= Luas persegi panjang =  $S \times d \text{ (mil}^2\text{)}$

$L2$  = Luasan lingkaran =  $\pi r^2 \text{ (mil}^2\text{)}$

$d$  = Jangkauan radar (mil)

Luas jangkauan *coverage* kapal pengawas perikanan adalah luasan persegi panjang ( $L1$ ) ditambah luasan lingkaran ( $L2$ ).

Coverage Area =  $(L1 + L2) \times \text{Probability deteksi radar}$

$$= (L1 + L2) \times 0.9 \text{ (mil}^2\text{)}$$

Jarak Jelajah Max = Jarak jelajah perHari x Endurance

$$RE = S \times E \text{ (mil)}$$

Endurance adalah lama ketahanan kapal berlayar (hari) tanpa bekal ulang.

Untuk fungsi *fitness* (2) adalah meminimalisasi biaya operasional kapal pengawas, yaitu:

- a. Biaya penggunaan logistik cair

▪ Biaya BBM = Pemakaian I

Hari x Harga BBM

▪ Biaya Air Tawar (AT) = Pemakaian A



- x Harga AT
  - Minyak Lumas (ML) = Pemakaian ML per Hari x Harga ML
- b. Biaya penggunaan logistik personel
  - Tunjangan Layar (Rp. 5.000/hr/personel)
  - Uang Makan Operasi (Rp. 15.000/hr/personel)
  - Tunjangan Pemimpin (Rp. 220.000/E)
- c. Biaya pemeliharaan kapal selama operasi (Har Kap Ops)
  - Type A = (Rp. 1.500.000/hr E)
  - Type B = (Rp. 1.500.000/hr E)
  - Type C = (Rp. 1.200.000/hr E)
  - Type D = (Rp. 1.000.000/hr E)
  - Type E = (Rp. 800.000/hr E)
- d. Biaya Operasi Total = Biaya Logistik Cair + Logistik Personel + Harkap Ops. = Rp. / hari operasi layar.

### C. Hasil optimasi

Parameter yang digunakan dalam simulasi penelitian ini sebagai berikut:

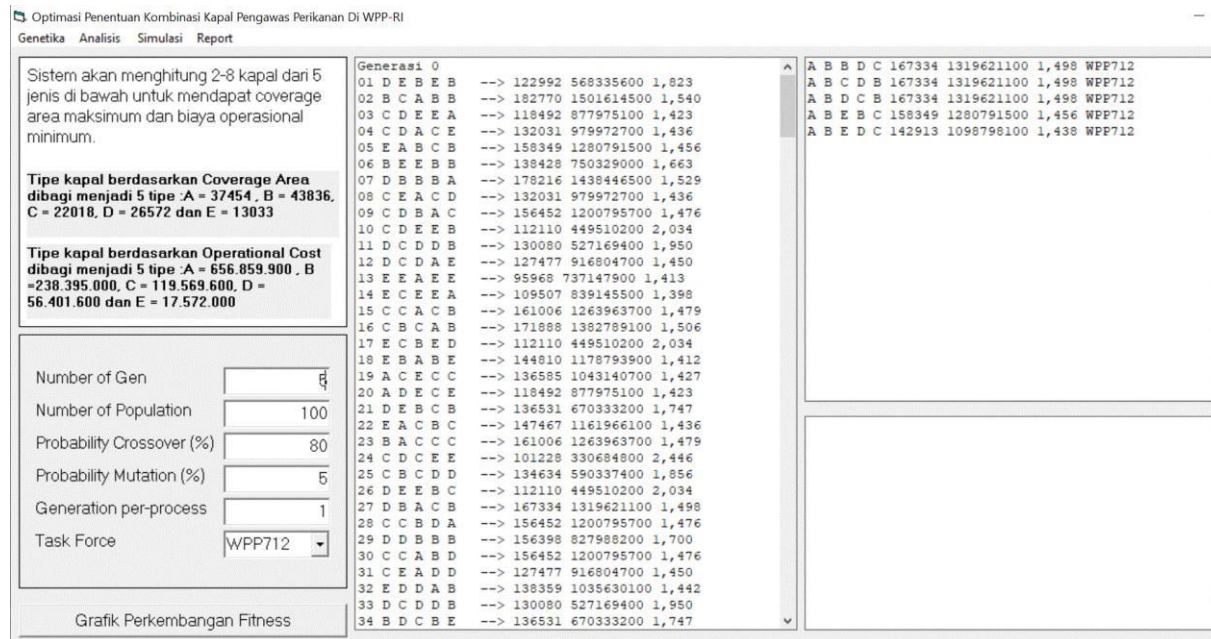
- Jumlah Gen = 5;
- Ukuran populasi (Pop\_size) = 100;
- Peluang crossover (Pc) = 80%;
- Peluang Mutasi (Pm) = 5%;

Parameter diatas akan mengacu pada luas WPP-712 dan biaya yang disiapkan oleh Pemerintah ± Rp. 1.500.000.000,-. Berdasarkan parameter yang ditetapkan untuk simulasi dan constraint yang telah ditetapkan, maka diperoleh hasil simulasi dengan kombinasi kapal pengawas di WPP-712 (Krisnafi dkk,2017)

Berdasarkan Gambar 5, proses optimasi dengan algoritma genetika akan dibangkitkan dengan 5 (lima) gen dengan 100 iterasi, 0.8 probabilitas *crossover* dan 0.005 probabilitas mutasi. Berdasarkan inisialisasi komponen algoritma genetika seperti pada Tabel 2, maka diperoleh populasi awal secara acak sebanyak 100:

01 = [A-B-B-D-C]	167334	1.319.621.100	1,478
02 = [A-B-C-D-B]	167334	1.319.621.100	1,478
03 = [A-B-D-C-B]	167334	1.319.621.100	1,478
04 = [A-B-E-B-C]	158349	1.280.791.500	1,456
05 = [A-B-E-D-C]	142913	1.098.798.100	1,456
0.. = [.....]			
100 = [A-B-B-E-B]	169231	1.399.616.900	1,484





Gambar 5. Hasil optimasi jumlah dan kombinasi kapal pengawas perikanan di WPP RI-712

Artinya calon solusi kesatu direkomendasikan type kapal [A-B-B-D-C] dengan capaian fitness 1 = 167.334 Mil<sup>2</sup>, dan fitness 2 = Rp. 1.319.621.100, calon solusi kedua direkomendasikan type kapal [A-B-C-D-B] dengan capaian fitness 1 = 167.334 Mil<sup>2</sup> dan fitness 2 = Rp. 1.319.621.100. Berdasarkan nilai fitness yang telah ditetapkan, maka diperoleh solusi terbaik diantara 100 calon solusi yang dihasilkan oleh perhitungan Algoritma Genetika, yaitu kombinasi 5 type kapal untuk melakukan pengawasa di WPP - 712 sepertiterlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil optimasi algoritma genetika di WPP-712

No	Kombinasi Kapal	Capaian Coverage Area	Capaian Operasional Cost	Fitness
1	A-B-E-B-C	158.349	1.280.791.500	1.456
2	A-B-C-C-C	161.006	1.263.963.700	1.479
3	A-B-B-D-D	162.780	1.256.453.100	1.493
4	A-B-D-D-B	162.780	1.256.453.100	1.493
5	A-B-B-D-C	167.334	1.319.621.100	1.498
6	A-B-C-D-B	167.334	1.319.621.100	1.498
7	A-B-D-C-B	167.334	1.319.621.100	1.498
8	A-B-B-D-C	167.334	1.319.621.100	1.498
9	A-B-C-B-D	167.334	1.319.621.100	1.498
10	A-B-B-E-B	169.231	1.399.616.900	1.484

Setelah aplikasi algoritma genetika merekomendasikan beberapa calon solusi terbaik, maka tahapan selanjutnya adalah menganalisa hasil efisiensi capaian nilai fitness, yaitu bagaimana meningkatkan capaian nilai *coverage area* dan meminimalisasi biaya operasional pengamanan WPP 712. Analisa capaian tersebut menggunakan nilai *constraint* yang

ditetapkan yaitu, *coverage area* 160.309 Mil<sup>2</sup> dan anggaran operasional keamanan Rp. 1.5 Milliar.

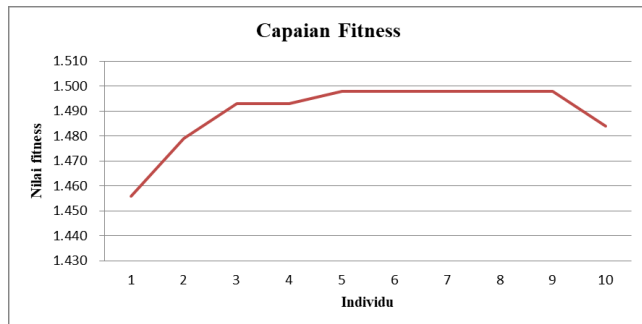
Hasil analisa nilai capaian *coverage area* dan penggunaan biaya operasional pengamanan WPP-712 dapat dilihat pada Tabel 4. Berdasarkan Tabel 4, capaian *coverage area* dan kebutuhan biaya operasional pengamanan, maka metode algoritma genetika lebih merekomendasikan calon solusi nomor 5 sampai 9, dengan capaian *coverage area* 167.334 Mil<sup>2</sup> sehingga sudah mampu melebihi luas WPP-712 dengan persentase capaian kelebihan  $\pm 4\%$  atau setara 7.025 Mil<sup>2</sup>. Sedangkan untuk kebutuhan biaya operasional pengamanan WPP-712 sebesar Rp. 1.319.621.100, sehingga bisa hemat biaya sebesar Rp. 180.378.900 atau sekitar  $\pm 18\%$  dari total biaya yang disiapkan Pemerintah.

Tabel 4. Hasil analisa optimasi GA di WPP-712

No	Kombinasi Kapal	Kelebihan Coverage Area (Mil <sup>2</sup> )	Efisiensi Operasional Cost (Rp)
1	A-B-E-B-C	-	219.208.500
2	A-B-C-C-C	697	236.036.300
3	A-B-B-D-D	2.471	243.546.900
4	A-B-D-D-B	2.471	243.546.900
5	A-B-B-D-C	7.025	180.378.900
6	A-B-C-D-B	7.025	180.378.900
7	A-B-D-C-B	7.025	180.378.900
8	A-B-B-D-C	7.025	180.378.900
9	A-B-C-B-D	7.025	180.378.900
10	A-B-B-E-B	8.922	100.383.100



Rekomendasi kombinasi kapal yang optimal untuk mengamankan WPP-712 adalah, 1 (satu) unit kapal pengawas type A, 2 (dua) unit kapal type B, 1 (satu) unit kapal pengawas type C, dan 1 (satu) unit type kapal D. Alasan kombinasi kapal ini diambil adalah untuk meningkatkan capaian coverage pengamanan wilayah tetapi bisa menghemat anggaran keamanan. Alasan solusi nomor 10 tidak direkomendasikan karena efisiensi anggarannya semakin rendah, sedangkan untuk solusi nomor 2 sampai 4 tidak dipakai karena capaian coverage areanya rendah walaupun bisa menghemat biaya lebih besar.



Gambar 6. Grafik capaian nilai fitness

Berdasarkan Tabel 3, dapat digambarkan capaian nilai fitness pada masing-masing calon solusi seperti terlihat pada Gambar 6. Dalam algoritma genetika evaluasi nilai fitness diperoleh dengan memeriksa setiap gen yang ada pada setiap kromosom induk dengan kriteria penalti sebagai fungsi kelayakannya. Algoritma genetika akan berhenti jika tidak ditemukan crash atau sejumlah generasi maksimum telah tercapai. Dari hasil analisis ditemukan bahwa performance dari algoritma genetika cukup baik dalam menyelesaikan masalah optimasi penentuan jumlah kapal pengawas perikanan di WPP-712.

#### IV KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa dengan menggunakan metode Algoritma Genetika permasalahan optimasi kebutuhan kapal pengawas perikanan dengan mudah diselesaikan, mengacu pada nilai fitness yang telah ditetapkan, yaitu peningkatan capaian *coverage area* dan minimalisasi biaya operasional. Salah satu temuan dalam penelitian ini adalah kombinasi kapal yang paling optimal untuk mengamankan WPP-712 adalah kapal type A adalah 1 unit, kapal type B adalah 2 unit, kapal type C adalah 1 unit dan kapal type D adalah 1 unit. Penelitian ini berkontribusi untuk peningkatan capaian *coverage area* sebesar  $\pm 4\%$  atau setara  $7.025 \text{ Mil}^2$  dan efisiensi biaya operasional sebesar  $\pm 12\%$  atau setara Rp. 180.378.100. Penelitian ini akan membantu Pemerintah menjalankan Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia No 18/Permen-KP/2014 tentang Wilayah Pengelolaan Perikanan Republik Indonesia.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari Penelitian Strategis Nasional Konsorsium (PSNK) yang didanai pada Tahun 2019, oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset, Teknologi dan Perguruan Tinggi Republik Indonesia (Kemenristek Dikti). Tidak lupa kami juga ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada Badan keamanan Laut Republik Indonesia (Bakamla RI) yang telah mendukung dan membantu penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- A. A. Masroeri, "Intelligent Decision Support Systems (IDSS) For Multi-Objective Optimization Problems At Sea Security Indonesia," *J. Theor. Appl. Inf. Technol.*, vol. 81, no. 1, pp. 108–115, 2015.
- A. Azhar, "Model Optimasi Perencanaan Investasi Galangan Kapal Dengan Pendekatan Programasi Tujuan Ganda," *MAKARA Technol. Ser.*, vol. 6, no. 3, pp. 113–118, 2010.
- A. Konak, D. W. Coit, and A. E. Smith, "Multi-objective optimization using genetic algorithms: A tutorial," *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, vol. 91, no. 9, pp. 992–1007, 2006.
- C. Guerrero, I. Lera, and C. Juiz, "Genetic algorithm for multi- objective optimization of container allocation in cloud architecture," *J. Grid Comput.*, vol. 16, no. 1, pp. 113–135, 2017.
- C. K. H. Lee, "A review of applications of genetic algorithms in operations management," *Eng. Appl. Artif. Intell.*, vol. 76, no. May, pp. 1–12, 2018.
- D. J. P. S. D. K. dan Perikanan, *Buku Data dan Informasi Pengawasan Sumber Daya Kelautan dan Perikanan*, vol. 1, no. 1, 2013.
- F. Soemargono, "Kata Pengantar," *Archipel*, vol. 13, no. 1, pp. 15–20, 1977.
- H. A. Salaam, Z. Taha, and T. Tuan Ya, "Multi Objective Optimization Using Genetic Algorithm of a Pneumatic Connector," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 319, no. 1, 2018.
- Hozairi, A. Ketut Buda, Masroeri, and M. Isa Irawan, "Implementation of nondominated sorting genetic algorithm - II (NSGA-II) for multiobjective optimization problems on distribution of Indonesian navy warship," *J. Theor. Appl. Inf. Technol.*, vol. 64, no. 1, 2014.
- J. Chen, J. Zhao, F. Xu, H. Hu, Q. Ai, and J. Yang, "Modeling of energy demand in the greenhouse using PSO-GA hybrid algorithms," *Math. Probl. Eng.*, vol. 2015, 2015.
- J. McCall, "Genetic algorithms for modelling and optimisation," *J. Comput. Appl. Math.*, vol. 184, no. 1, pp. 205–222, 2005.
- K. Deb and N. Srinivas, "Multiobjective Optimization Using Nondominated Sorting in Genetic Algorithms," *Evol. Comput.*, vol. 2, no. 3, pp. 221–248, 1995.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia, "Undang- Undang Republik Indonesia Nomor 27 Tahun 2007," 2007.
- K. K. dan Perikanan, "Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia," 2014.
- K. K. dan P. R. Indonesia, "Rencana Pengelolaan Perikanan WPP-RI 718," 2014.
- M. Ma and H. Li, "A hybrid genetic algorithm for solving bi-objective traveling salesman problems," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 887, no. 1, pp. 0–7, 2017.
- M. I. I. Hozairi, Ketut Buda Artana, A. A. Masroeri and Irawan, "Implementation of Intelligent Control for Optimization of Fleet Placement Tni-Al Ships Using," *Acad. Res. Int.*, vol. 2, no. 3, pp. 17–30, 2012.
- M. Wadas and T. No, *Potensi Dan Tingkat Pemanfaatan Sumberdaya Ikan Di Wilayah Pengelolaan Perikanan Republik Indonesia (WPP RI)*, no. 1, 2014.
- P. Azimi and N. Azouji, "A New Heuristic Algorithm for The Preemptive and Non-Preemptive Multi-Mode RCPSPs," *Int. J. Ind. Eng. Prod. Res.*, vol. 28, no. 4, pp. 429–439, 2017.
- S. Kiehbaddroudzad, N. K. Noordin, A. Sali, and Z. Z. Abidin, "Optimization of an antenna array using genetic algorithms," *Astron. J.*, vol. 147, no. 6, 2014.
- Yuan Ong, Y. Jin King, L. Huat Saw, and K. Keng Theng, "Optimization of the Design Parameter for Standing Wave Thermoacoustic Refrigerator using Genetic Algorithm," in *Earth and Environmental Science*, 2019, vol. 268, no. 1, pp. 1–7.
- Y. Krisnafi, B. H. Iskandar, S. H. Wisudo, and J. Haluan, "Optimization of fisheries surveillance vessel deployment in Indonesia using genetic algorithm (Case study: Fisheries management area 711, Republic of Indonesia)," *AACL Bioflux*, vol. 10, no. 3, pp. 565–577, 2017.



**Halaman ini sengaja dikosongkan**

